

Aus der Medizinischen Klinik der Universität Erlangen
Röntgen-Abteilung
Direktor: Prof. Dr. med. Norbert Henning

„Das Verhalten
wäßriger Farbstofflösungen
bei Einwirkung von
Röntgenstrahlen.“

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen

vorgelegt von
Erika Hauck aus Dinkelsbühl
1957

Aus der Medizinischen Klinik der Universität Erlangen

Röntgen-Abteilung

Direktor: Prof.Dr.med. N.Henning

"Das Verhalten wässriger Farbstofflösungen
bei Einwirkung von Röntgenstrahlen."



Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

zu Erlangen

vorgelegt von Erika Hauck

aus Dinkelsbühl

Gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Erlangen

Referenten: Prof. Dr. med. N. Henning
Priv.-Doz. Dr. F. Wachsmann
Tag der mündl. Prüfung: 9. Juli 1957.

Inhaltsverzeichnis

Seite

<u>I. Einleitung mit Fragestellung</u>	3
<u>II. Experimenteller Teil</u>	3
<u>A. Verwendete Apparaturen und Lösungen</u>	3
1. Strahlungsquellen	3
2. Dosimeter	3
3. Photometer	4
4. Lösungen	4
5. Gefäße	4
<u>B. Versuchsbedingungen</u>	4
<u>C. Versuchsergebnisse</u>	4
<u>a. Verhalten der unbestrahlten Lösungen</u>	4
1. Eichkurven am "Elko"	4
2. Beeinflussbarkeit der unbestrahlten Lösungen durch sichtbares Licht	5
3. Beständigkeit der unbestrahlten Lösungen	5
<u>b. Verhalten der Lösungen bei Bestrahlung</u>	5
1. Empfindlichkeit der bestrahlten Lösungen	5
2. Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Konzentration der Lösungen	6
3. Wellenlängenabhängigkeit der Strahlenwirkung	6
4. Beeinflussung der Wellenlängenabhängigkeit durch die Konzentration der Lösungen	6
5. Härtefaktoren der bestrahlten Lösungen	6
<u>III. Besprechung der Versuchsergebnisse</u>	7
<u>IV. Zusammenfassung</u>	7
<u>V. Schrifttumsverzeichnis</u>	8



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548205_0057

I. Einleitung mit Fragestellung

Für biologische Dosierungen ist es wesentlich, die Strahlungseffekte in Medien zu messen, welche sich in ihrer Zusammensetzung dem lebenden Gewebe nähern. Deshalb wurden schon verschiedentlich wässrige Lösungen auf ihre Eignung zu chemischer Dosimetrie untersucht(Minder(1), Martin(2) u.a.). Man nimmt an, dass die Wirkung der Strahlung in diesen Lösungen durch aus dem Wasser entstehende H-und OH-Radikale bedingt ist(Weiss(3)).

In der vorliegenden Arbeit sind die drei wässrigen Farbstofflösungen Methylenblau, Fluorescein und Fuchsin auf ihr Verhalten gegenüber Röntgenstrahlung untersucht worden.

Dabei interessierten folgende Fragen:

1. Empfindlichkeit der bestrahlten Lösungen
2. Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Konzentration der Lösungen
3. Wellenlängenabhängigkeit der Strahlenwirkung
4. Beeinflussung der Wellenlängenabhängigkeit durch die Konzentration der Lösungen

II. Experimenteller Teil

A. Verwendete Apparaturen und Lösungen

1) Strahlungsquellen

Für die Strahlung von 30kV wurde die Siemens-"Dermopanröhre" (Zusatzfilter 0,6 Al) verwendet, für die Strahlungen von 70kV, 120kV und 200kV der "Siemens-Stabilivolt" (Gesamtfilter 5,0 Al, 0,5 Cu und 1,2 Cu).

2) Dosimeter

Die Dosismessung erfolgte mit dem Siemens-"Universal-Dosimeter" in Verbindung mit Phantomkammer(30kV), Topfkammer(70kV) und Fingerhutkammer(120-200kV).

3) Photometer

Für die photometrischen Auswertungen wurde das Elektrophotometer "Elko II" von Zeiss Opton verwendet.

4) Lösungen

Untersucht wurden wässrige Lösungen von
Methylenblau ($C_{16}H_{18}N_3S$)Cl Molek.Gew.=M=319,84
Fluorescein ($C_{20}H_{11}O_5$)Na Molek.Gew.=M=354,3
Fuchsin ($C_{20}H_{20}N_3$)Cl Molek.Gew.=M=337,88

5) Gefässe

Um eine homogene Durchstrahlung zu erreichen, wurden die Lösungen in flachen Trolitulschälchen bestrahlt, sodass eine ungefähre Schichtdicke von 2mm zustande kam, wobei durch Verwendung einer wasseräquivalenten Gefässwand Grenzschichteffekte vermieden wurden.

B.-Versuchsbedingungen

Um Streustrahlen auszuschliessen, wurde stets frei Luft bestrahlt. Die Bestrahlung der Lösungen wurde bei Dunkelheit durchgeführt. Stets unmittelbar nach der Bestrahlung erfolgte die photometrische Auswertung.

C. Versuchsergebnisse

a) Verhalten der unbestrahlten Lösungen

Vor der Bestrahlung mit Röntgenstrahlen wurden die verwendeten Lösungen auf ihre Beständigkeit und auf ihre Beeinflussbarkeit durch sichtbares Licht untersucht, um Hinweise auf die zu wählenden Versuchsbedingungen zu erhalten.

1) Eichkurven am "Elko"

Abb.1 zeigt die Eichkurven der drei Lösungen, aus welchen die absoluten Extinktionswerte S_0 der verwendeten Konzentrationen

zu ersehen sind (Extinktion=Auslöschung=Schwächung, die ein Lichtstrahl beim Durchgang durch einen trüben Körper erfährt). In allen weiteren Abbildungen sind die Extinktionswerte relativ aufgetragen, wobei 0 der aus der Eichkurve ersichtliche Extinktionswert der betreffenden unbestrahlten Lösungskonzentration ist.

Weiter zeigt Abb.1, dass Methylenblau und Fluorescein mit geringerer Konzentration im günstigsten Anzeigebereich des Photometers liegen, als Fuchsin.

2) Beeinflussbarkeit der unbestrahlten Lösungen durch sichtbares Licht

Um die Beeinflussbarkeit der Farbtintensität der Lösungen durch sichtbares Licht feststellen zu können, wurden die Lösungen indirektem Sonnenlicht ausgesetzt. Aus Abb.2 ist zu erkennen, dass tatsächlich eine Aufhellung eintritt, und zwar bei allen drei Lösungen in ungefähr gleichem Ausmasse.

3) Beständigkeit der unbestrahlten Lösungen

Die Beständigkeit der unbestrahlten Lösungen wurde bei Lichtabschluss geprüft. Man sieht aus Abb.3, dass eine Spontanveränderung auftritt. Fuchsin ist am unbeständigsten, Methylenblau und Fluorescein sind beständiger.

b) Verhalten der Lösungen bei Bestrahlung

1) Empfindlichkeit der bestrahlten Lösungen

Bei der Feststellung der Empfindlichkeit wurde für alle drei Lösungen der ungefähr gleiche Extinktionsbereich gewählt. Abb.4 zeigt, dass Fuchsin am empfindlichsten reagiert, Methylenblau und Fluorescein weniger stark.

2) Abhängigkeit der Empfindlichkeit von
der Konzentration der Lösungen

Aus Abb.5,6 und 7 ist zu ersehen, dass die Empfindlichkeit bei allen drei Lösungen mit steigender Konzentration zunimmt.

3) Wellenlängenabhängigkeit der Strahlenwirkung

In Abb.8 bis 16 sind die Messergebnisse graphisch dargestellt. Man erkennt, dass bei allen drei Lösungen eine Wellenlängenabhängigkeit besteht, deren nähere Beschreibung im übernächsten Abschnitt erfolgt.

4) Beeinflussung der Wellenlängenabhängigkeit
durch die Konzentration der Lösungen

Abb.17 bis 19 zeigen, dass die Wellenlängenabhängigkeit mit steigender Konzentration zunimmt.

5) Härtefaktoren der bestrahlten Lösungen

(Der Härtefaktor gibt an, wieviel mal mehr Dosis bei einer bestimmtem Strahlenqualität nötig ist, um den gleichen Extinktionseffekt zu erzielen, wie bei der Strahlenqualität, bei welcher stärkste Aufhellung eintritt. Letzteren Wert setzt man gleich 1; so ergeben sich für die verschiedenen Strahlenhärten diejenigen Faktoren, mit denen der scheinbare Dosiswert multipliziert werden muss, um die wirkliche Dosis zu erhalten.)

In Abb.20 sind die Härtefaktoren der bestrahlten Lösungen aufgetragen, um ein übersichtlicheres Bild über die Wellenlängenabhängigkeit zu erhalten. Methylenblau und Fluorescein besitzen demnach etwa die gleiche Art und Grösse der Wellenlängenabhängigkeit. Bei weicheeren Strahlenqualitäten als 200kV nimmt die Wellenlängenabhängigkeit kontinuierlich zu und erreicht bei 30kV für die jeweils niedrigste angewandte Konzentration $\frac{M}{20000}$ den Faktor 2 (gegenüber 200kV).

Fuchsin besitzt die grösste Empfindlichkeit bei Strahlungen um 70kV, weichere und härtere Strahlen zeigen einen entsprechend grösseren Härtefaktor. Er erreicht für die niedrigste Konzentra-

tion $\frac{M}{5000}$ bei 30kV und 200kV ebenfalls annähernd den Wert 2.

III. Besprechung der Versuchsergebnisse

Die Versuche ergaben, dass eine Dosimetrie mit den untersuchten Lösungen durchführbar ist, obwohl ihre Verwendung zu dosimetrischen Zwecken nicht ganz einfach ist, da stets Spontanveränderungen der Lösungen auftreten. Die Beeinflussbarkeit durch sichtbares Licht erfordert ferner Arbeiten in absoluter Dunkelheit. Da die Fuchsinlösung die grösste Empfindlichkeit aufweist, wäre sie für praktische dosimetrische Zwecke am geeignetsten. Mit ihr können bereits Werte um 50r erfasst werden. Von den untersuchten Konzentrationen wird als günstigste $\frac{M}{1000}$ verwendet. Die dadurch sich ergebende relativ stärkere Wellenlängenabhängigkeit (30%) wäre auf Grund der etwa 5,5mal grösseren Empfindlichkeit in Kauf zu nehmen. Es ist jedoch möglich, dass die gefundenen Ergebnisse bei vorliegender Versuchsanordnung durch Sekundär- oder Störeffekte beeinflusst worden sind. Ob und inwieweit tatsächlich eine Wellenlängenabhängigkeit der untersuchten Lösungen vorliegt, müsste durch weitere Versuche endgültig geklärt werden.

IV. Zusammenfassung

- 1) Bei den untersuchten Lösungen traten spontane Extinktionsverluste unter Lichtabschluss ein. Fuchsin zeigte sich hierbei am wenigsten beständig, Methylenblau und Fluorescein hingegen erwiesen sich als weitgehend beständig.
- 2) Auch bei Einwirkung von sichtbarem Licht traten Extinktionsverluste ein. Diese Erscheinung zeigte sich etwa gleichmässig stark bei allen drei Lösungen, am stärksten bei Fuchsin, weniger bei Methylenblau und Fluorescein.
- 3) Auf Röntgenstrahlen reagierte mit Extinktionsverlust am stärksten Fuchsin, weniger stark Methylenblau und Fluorescein.

4) Es zeigte sich, dass bei allen drei Lösungen mit steigender Konzentration die Empfindlichkeit zunimmt.

5) Die Wellenlängenabhängigkeit der untersuchten Lösungen ergab bei vorliegender Versuchsanordnung eine Zunahme mit steigender Konzentration.

6) Dabei zeigten Methylenblau und Fluorescein annähernd die gleiche Art und Grösse der Wellenlängenabhängigkeit. Sie nahm bei weicheren Strahlenqualitäten als 200kV kontinuierlich zu und erreichte bei 30kV für die jeweils niedrigste Konzentration $\frac{M}{20000}$ den Faktor 2 (gegenüber 200kV).

Fuchsin zeigte die grösste Empfindlichkeit bei 70kV, weichere und härtere Strahlen wiesen einen grösseren Härtefaktor auf. Er erreichte für die niedrigste Konzentration $\frac{M}{3000}$ bei 30kV und 200kV den Faktor 2.

7) Die kleinste mit den Lösungen messbare Dosis lag bei etwa 50r für Fuchsin, 100r für Methylenblau und 120r für Fluorescein.

V. Schrifttumsverzeichnis

- 1) Minder, W.- Radiologia Clinica 20 (1951) 5:286
- 2) Martin, L.- Journal belge de Radiologie, Vol. XXXV. 1952, fasc. 2:393
- 3) Weiss, I.- Trans. Faraday Soc., 1947, XLIII:314

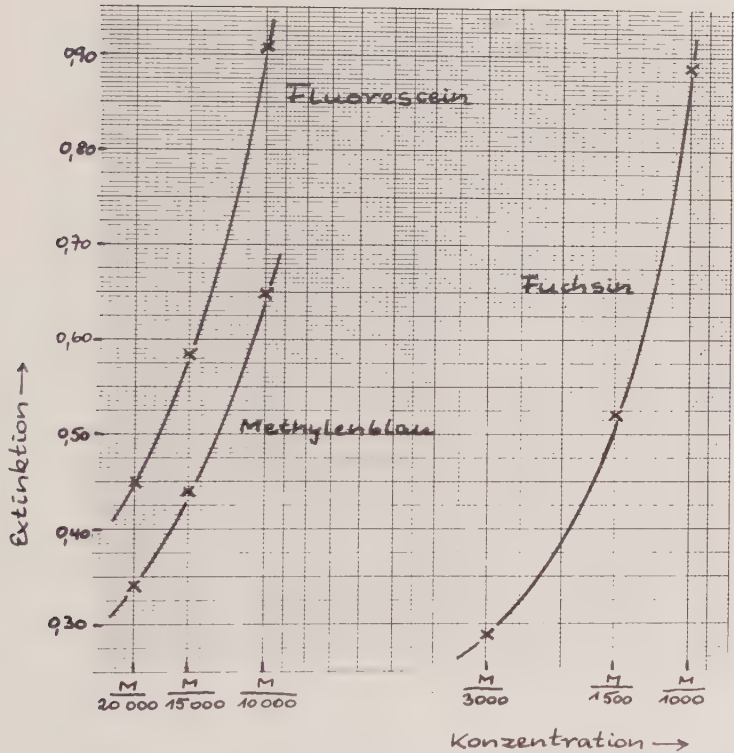


Abb. 1 Eichkurven der Lösungen
am „Elko II“

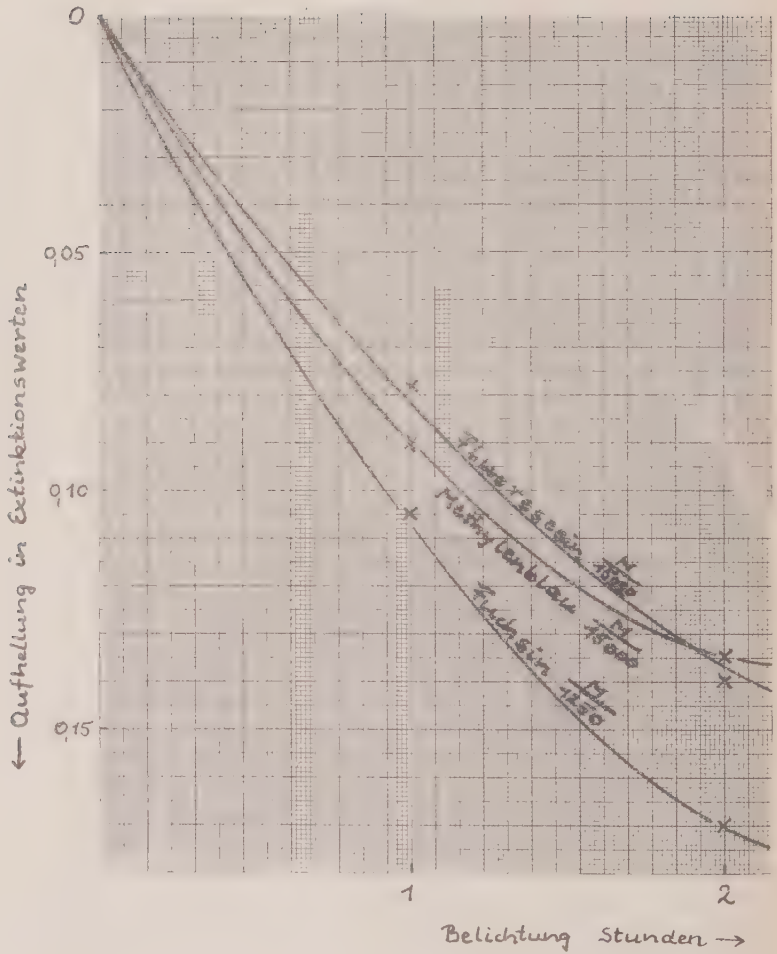


Abb. 2 Beeinflußbarkeit der Lösungen
durch sichtbares Licht

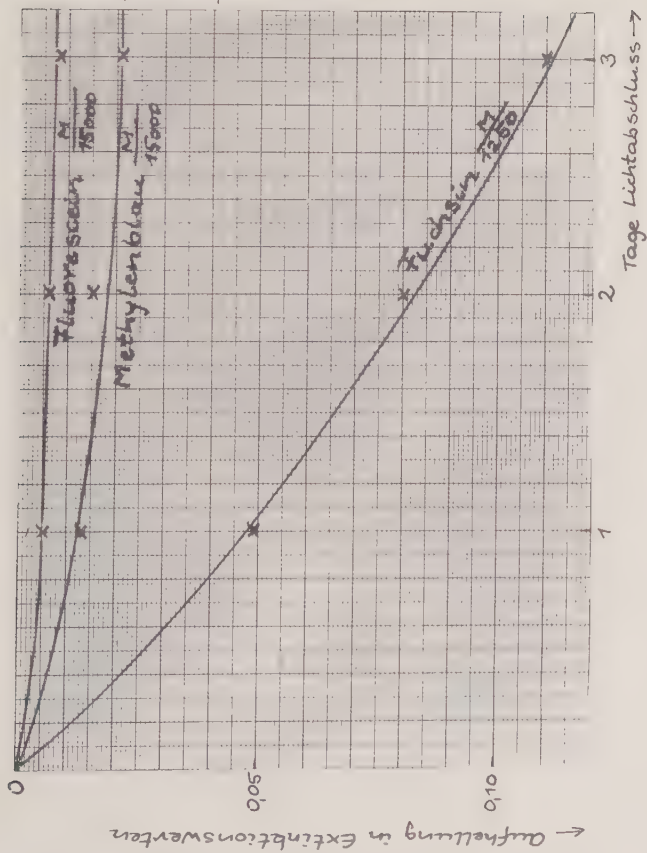


Abb. 3

Spontanveränderung
der Lösungen unter
Lichtabschluss

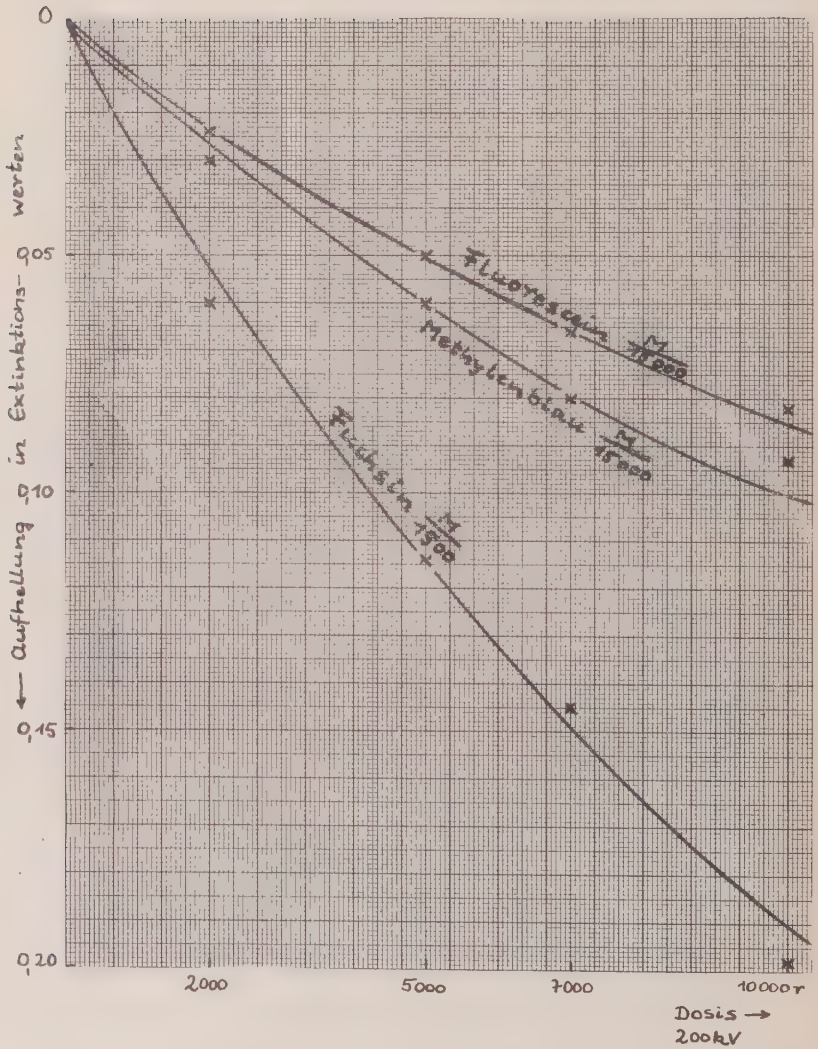


Abb. 4 Empfindlichkeit der Lösungen

Abb. 5

Abhängigkeit der
Empfindlichkeit von
der Konzentration

Methylenblau

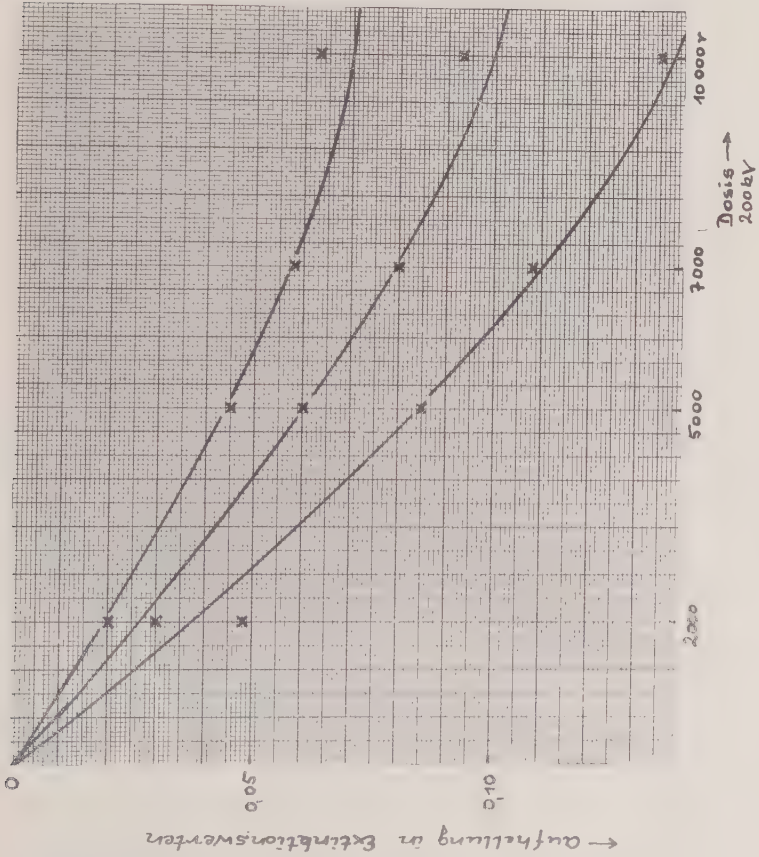
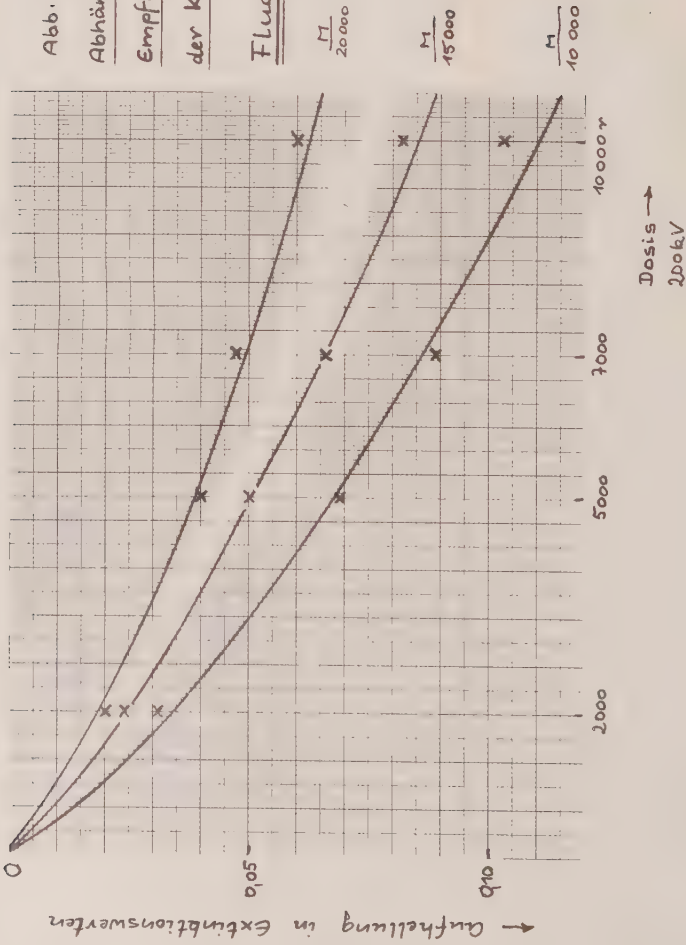
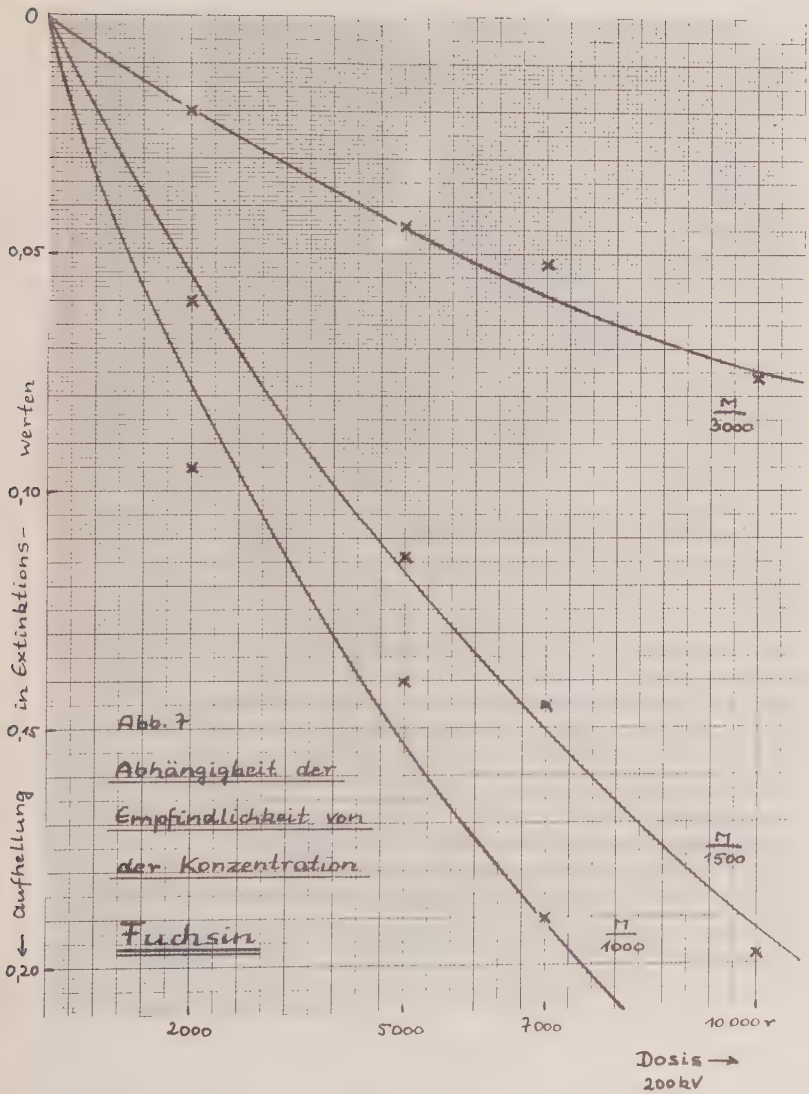


Abb. 6
Abhängigkeit der
Empfindlichkeit von
der Konzentration
Fluorescein





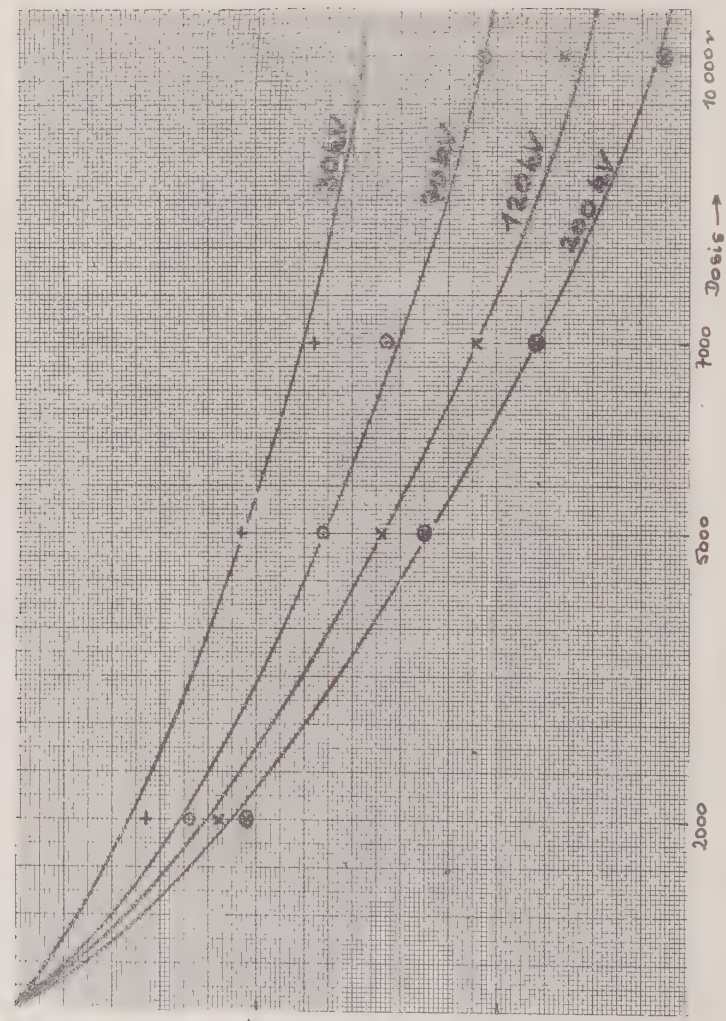
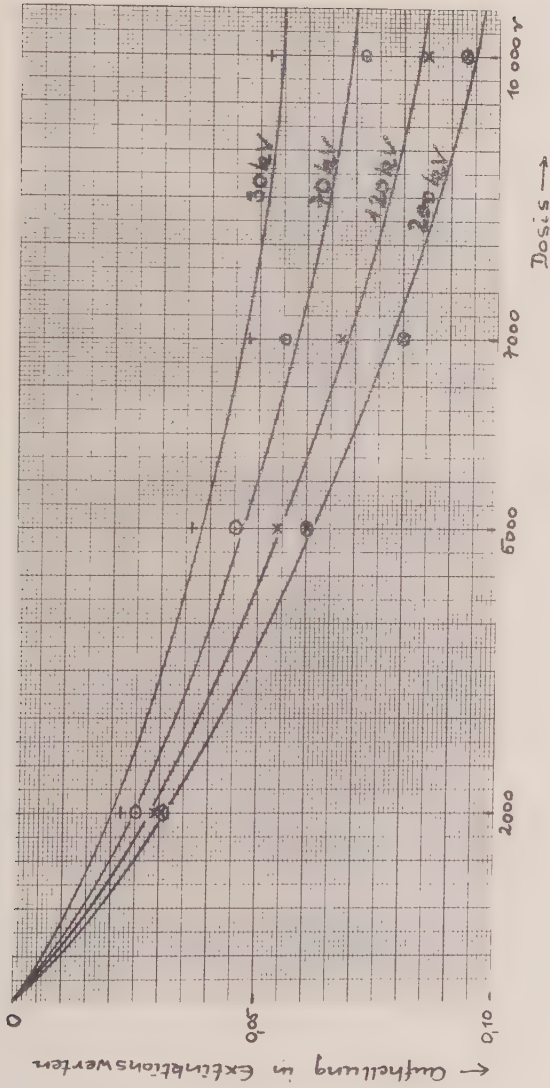


Abb. 8 Wellenlängen abhängigkeit

Methylen blau $\frac{M}{10\ 000}$



$\frac{M}{15000}$

Methylenblau

Wellenlängenabhängigkeit

Abb. 9

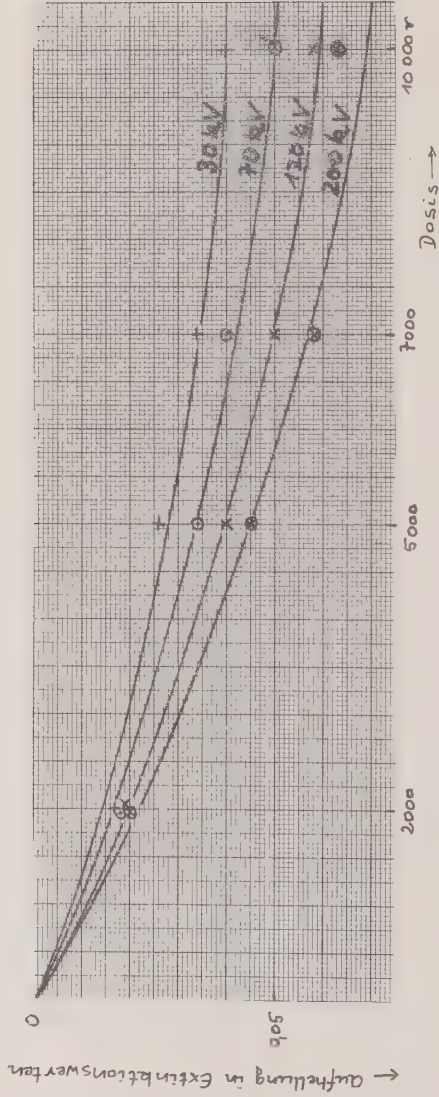
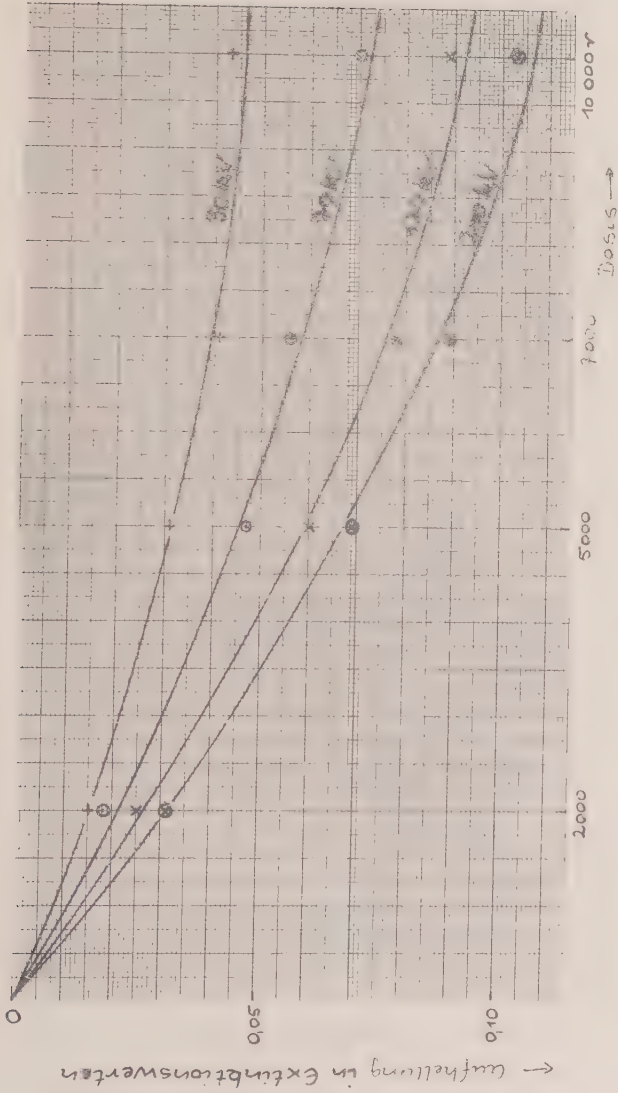


Abb. 10 Wellenlängenabhängigkeit Methylenblau $\frac{M}{20000}$



Fluorescein $\frac{M}{10000}$

Wellenlängenabhängigkeit

Abb 11

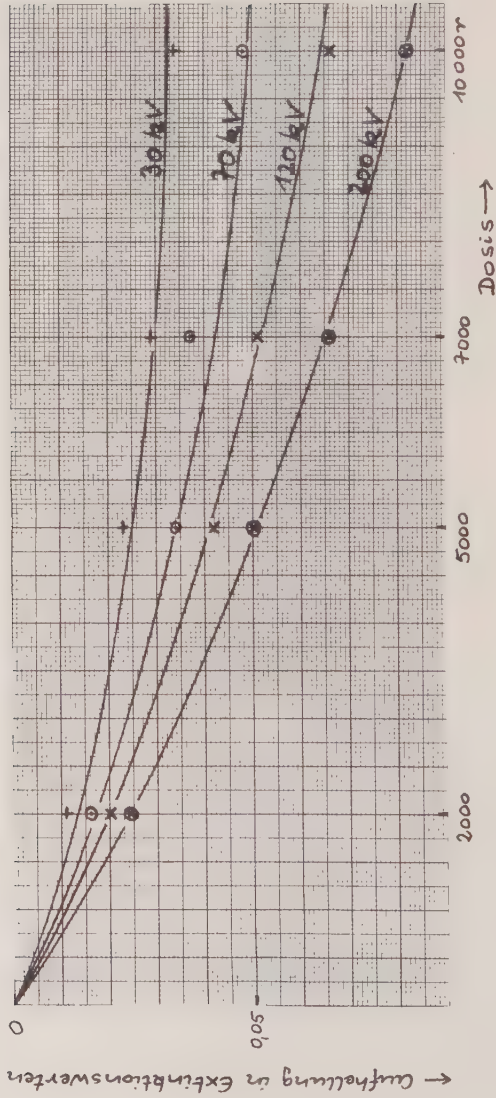
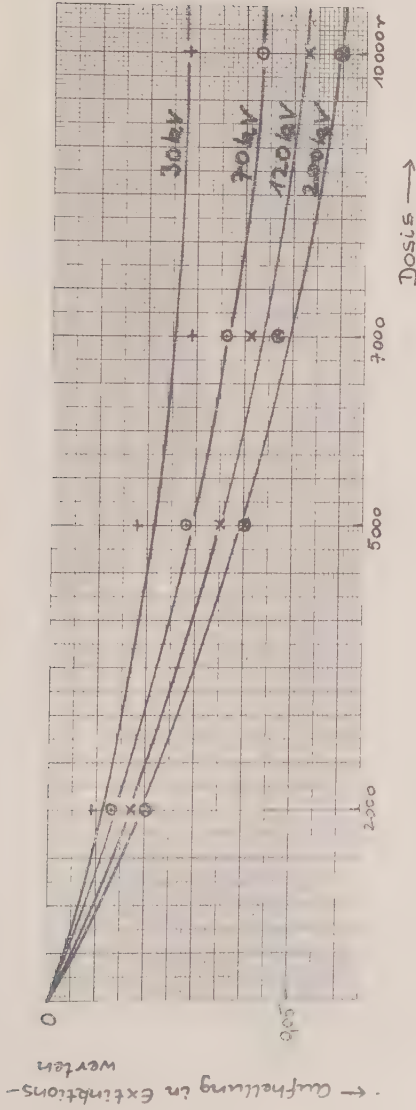


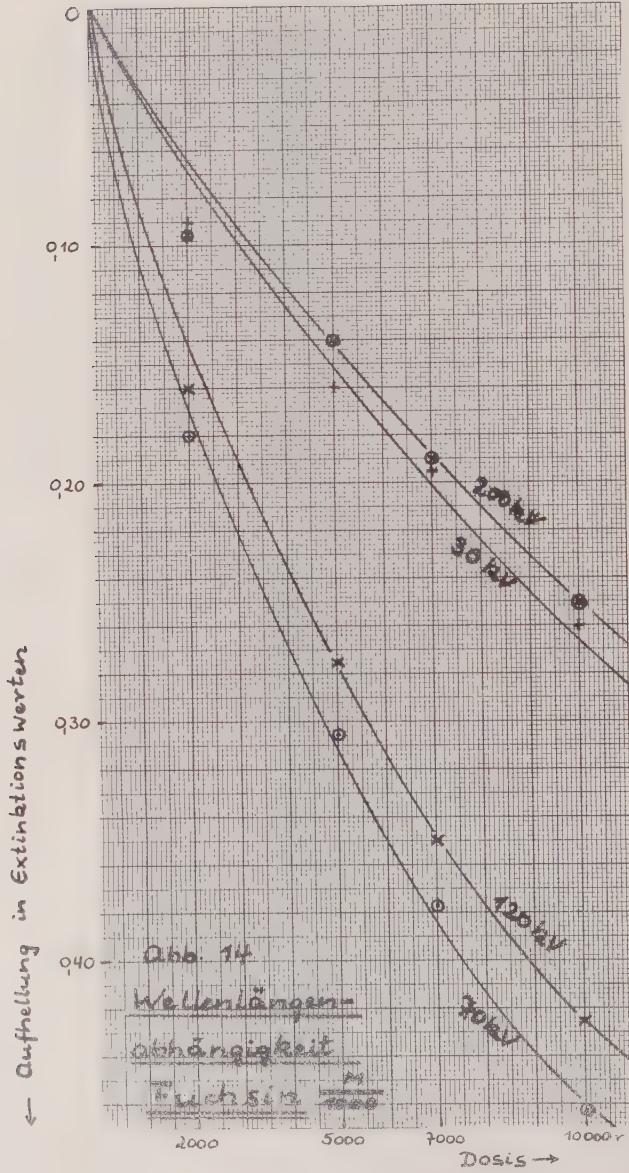
Abb. 12 Wellenlängenabhängigkeit Fluorescein $\frac{M}{15000}$



Fluorescein $\frac{M}{20000}$

Wellenlängenabhängigkeit

Abb. 13



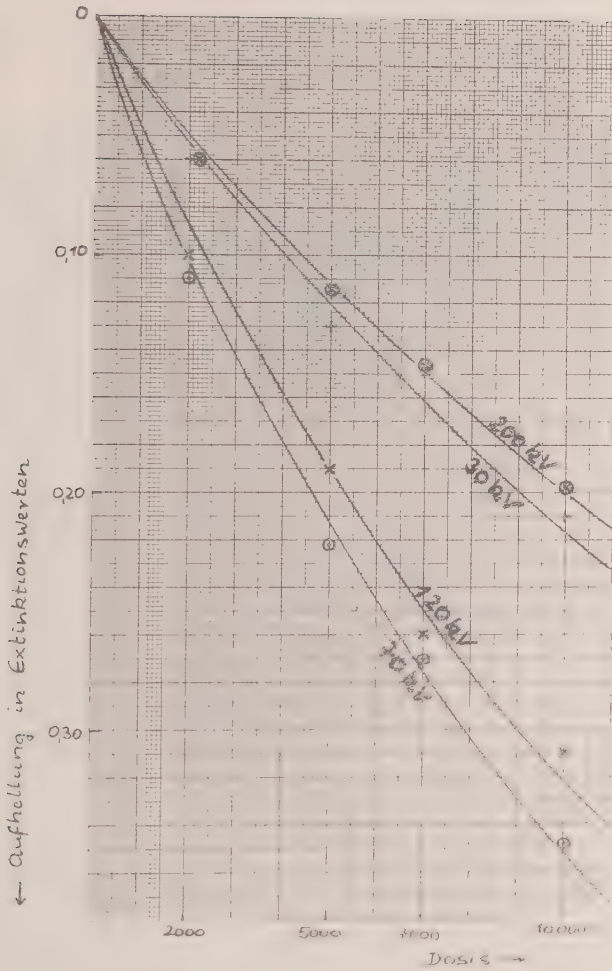


Abb. 15 Wellenlängenabhängigkeit

Fuchsine $\frac{M}{1500}$

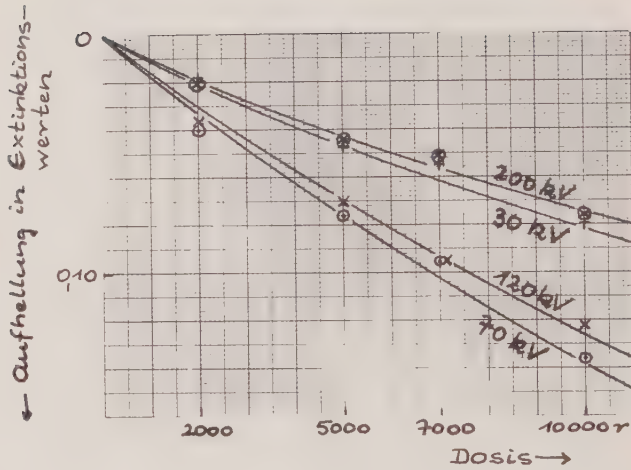


Abb. 16 Wellenlängenabhängigkeit

$$\underline{\underline{Fuchsin \frac{M}{3000}}}$$

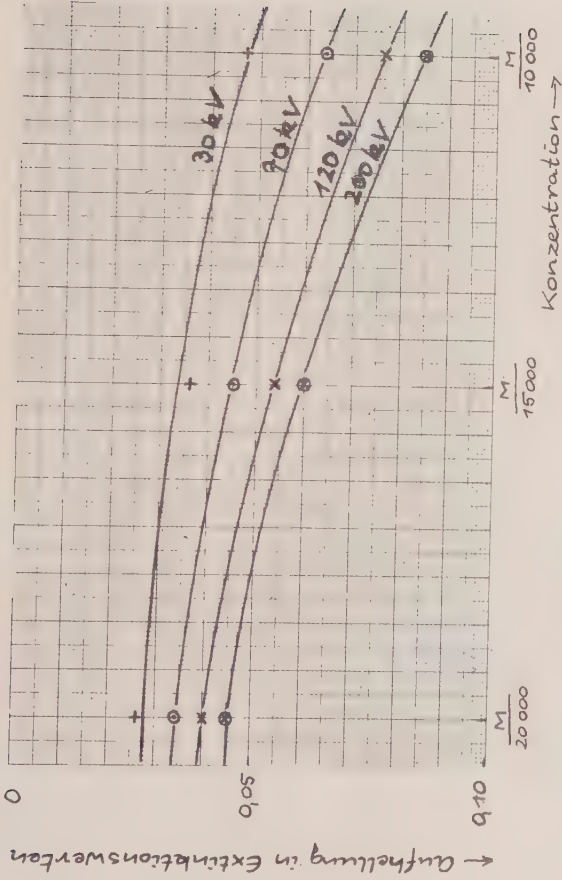


Abb. 17 Beeinflussung der Wellenlängenabhängigkeit
durch die Konzentration 5000

Methylenblau

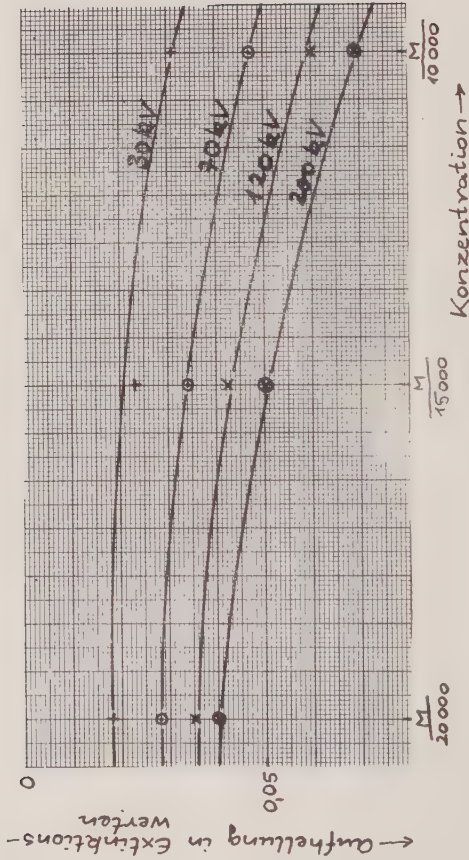
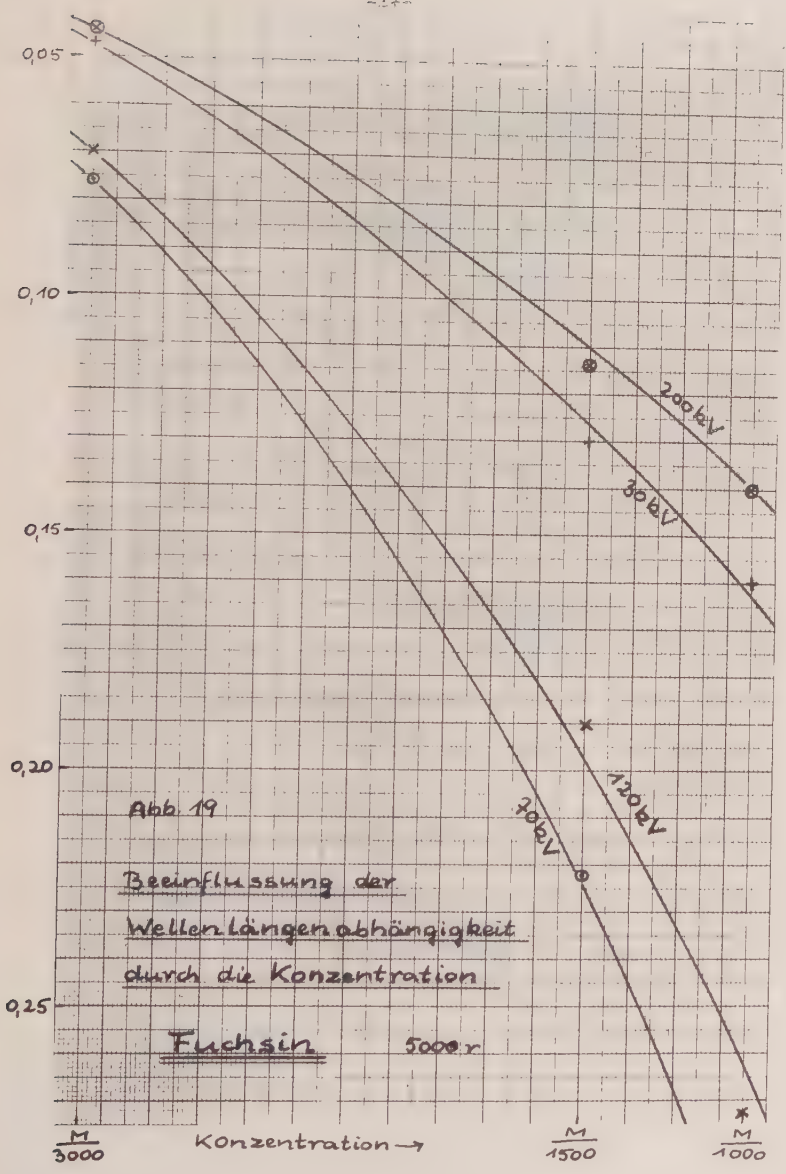


Abb. 18 Beeinflussung der Wellenlängenabhängigkeit

durch die Konzentration 5000 r

Fluorescein



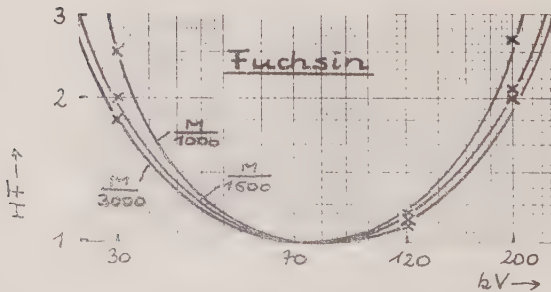
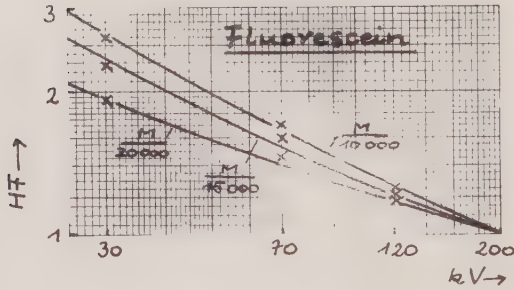
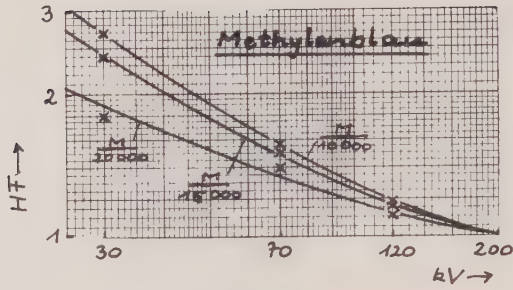


Abb. 20 Härtefaktoren

Lebenslauf

Als Tochter des Zahnarztes Hugo Hauck und seiner Ehefrau Betty, geb. Geiger, wurde ich am 29. März 1933 in Dinkelsbühl geboren. Dort verbrachte ich meine Kindheit, 4 Klassen Volksschule und 8 Klassen Oberrealschule. 1951 begann ich mit dem Medizinstudium an der Universität Erlangen. Nach dem Physikum studierte ich zwei Semester in Innsbruck, kehrte daraufhin zu weiterem Studium nach Erlangen zurück und legte dort nach insgesamt elf Semestern Studium im Sommer 1957 das Medizinische Staatsexamen ab.

Herrn Prof.Dr.med.N.Henning und Herrn Doz.Dr.F.Wachsmann danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und für das Referat.

Herr Dr.med.F.Kimberger war so freundlich und fand stets die Zeit, mich des öfteren zu beraten. Hierfür herzlichen Dank.

Die Lösungen bereitete mir Herr Dipl.Chem.Dr.W.Ungemach, dem ebenfalls bestens gedankt sei.

